



① BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 28 520 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 01 F 5/02**

⑳ Aktenzeichen: 197 28 520.1  
㉔ Anmeldetag: 4. 7. 97  
㉕ Offenlegungstag: 7. 1. 99

DE 197 28 520 A 1

㉑ Anmelder:  
IMB Institut für Molekulare Biotechnologie e.V.,  
07745 Jena, DE

㉒ Vertreter:  
R.-G. Pfeiffer und Kollegen, 07743 Jena

㉓ Erfinder:  
Schmidt, geb. Schmidt, Kristina, Dipl.-Ing. Dr.,  
07745 Jena, DE; McCaskill, John S., Prof. Dr.rer.nat.,  
07743 Jena, DE

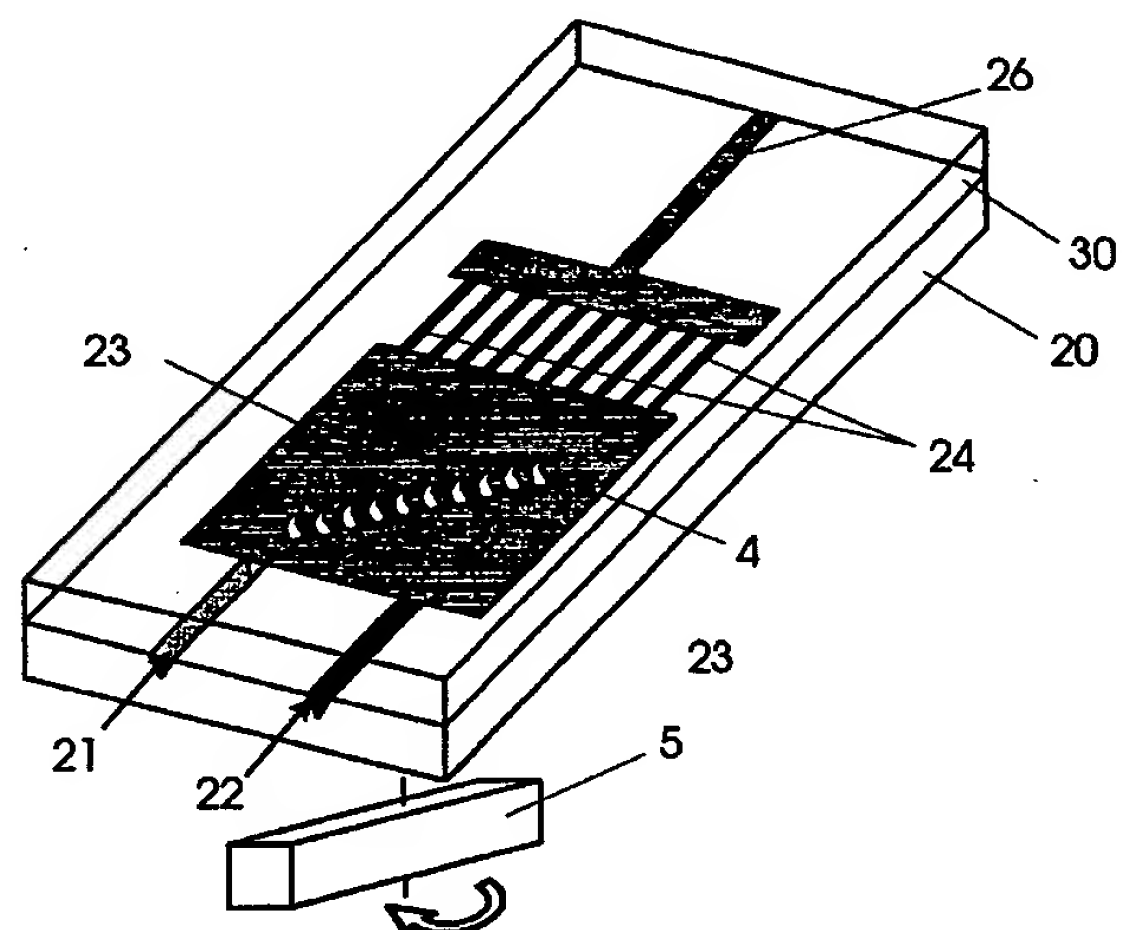
㉔ Entgegenhaltungen:  
DE-AS 12 51 277  
DE 30 10 760 A1  
EP 04 95 255 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉕ Schaltbarer dynamischer Mikromischer mit minimalem Totvolumen

㉖ Die Erfindung betrifft einen schaltbaren dynamischen Mikromischer mit minimalem Totvolumen, der dem zyklischen oder kontinuierlichen Mischen kleinster Flüssigkeitsmengen in der Größenordnung von 1 nl bis 10 µl dient. Die Aufgabe der Erfindung, einen Mikromischer zu schaffen, der zwei oder mehrere Flüssigkeiten, die in sehr kleinen Volumina, bevorzugt in einem Bereich unterhalb von 100 nl, vorliegen, in sehr kurzer Zeit, mit geringem Totvolumen und hoher Effizienz vermischt, im Bedarfsfall die Vermischung unterbrechbar gestalten läßt und der die Integration mehrerer Mikromischer innerhalb eines Grundkörpers ermöglicht, wird dadurch gelöst, daß eine Mischkammer (23), die einseitig mit mindestens zwei Zufuhrkanälen (21, 22) in Verbindung gebracht ist und andererseits, den Zufuhrkanälen (21, 22) gegenüberliegend, wenigstens einen Abfuhrkanal (26) aufweist, innerhalb der Mischkammer (23) mehrere magnetisierbare Perlen (4) vorgesehen sind, deren Durchmesser etwas kleiner als die lichte Kammerhöhe der Mischkammer (23) so bemessen ist, daß sich diese innerhalb der Mischkammerwänden, die einseitig von einer Abdeckung (30) überdeckt sind, frei bewegen können, und deren Gesamtlänge in linearer, einander benachbarter Aufreihung etwas unterhalb der kleinsten lateralen Mischkammerausdehnung festgelegt ist, zwischen dem Mischkammerausgang und dem Eingang des wenigstens einen Abfuhrkanals (26) Rückhaltemittel (24) vorgesehen sind, die ein Vordringen der Perlen (4) in den Abfuhrkanal ...



DE 197 28 520 A 1

Die Erfindung betrifft einen schaltbaren dynamischen Mikromischer mit minimalem Totvolumen, der dem zyklischen oder kontinuierlichen Mischen kleinster Flüssigkeitsmengen in der Größenordnung von 1 nl bis 10 µl dient. Bevorzugte Verwendung findet der Mikromischer, insbesondere in Verbindung mehrerer Mikromischer untereinander, in der Biotechnologie, der medizinischen Diagnostik, für pharmazeutisches Screening oder DNA-Computing.

Aus dem Stand der Technik sind Vorrichtungen zum Homogenisieren von Flüssigkeiten in Form von dynamischen und statischen Mikromischern bekannt.

Statische Mikromischer nutzen, wie z. B. in MST-news 19/97 S. 30-31 (ISSN 09483128) beschrieben, die Diffusion zum Homogenisieren von Lösungen bei Verwendung von langen Kontaktwegen und kleinen Kanaldurchmessern. Die Nachteile dieser Mischvariante bestehen, bedingt durch die notwendigerweise langen Strömungskanäle, in den resultierenden Druckverlusten im Flußsystem, dem geringen Wirkungsgrad des Mischvorgangs, dem verhältnismäßig großen Totvolumen und den relativ langen Mischzeiten.

In DE 195 11 603 A1 wird eine Anordnung zum statischen Mischen beschrieben, die eine Verkürzung der Diffusionswege dadurch erreicht, daß zwei oder mehrere Flüssigkeiten mehrmals aufgeteilt und schichtweise übereinander geführt werden. Damit gelingt auch ein Vermischen von nicht löslichen Fluiden. Auch hier ist das Totvolumen der Mischvorrichtung, bedingt durch mehrmaliges Umleiten und Übereinanderschichten der Flüssigkeiten, sehr groß und die Mischzeiten ebenfalls sehr lang.

Ein weiterer statischer Mikro-Vermischer wird in DE 44 16 343 C2 beschrieben. Nach diesem Vorschlag erfolgt das Mischen mehrerer Lösungen ebenfalls diffusiv, wobei die zu mischenden Fluide vor der Mischkammer aus plattenartigen, übereinandergeschichteten Elementen zusammengesetzt sind, die von schräg zur Mikro-Vermischer-Längsachse verlaufenden Kanälen durchzogen sind, und wobei die Kanäle benachbarter Elemente sich berührungslos kreuzen und in die Mischkammer münden. Da auch hier die Mischwirkung durch Diffusion herbeigeführt wird, ist ein Nachteil dieser Anordnung die lange Mischzeit zum vollständigen Homogenisieren.

Dynamische Mischer nutzen rotierende Mischwerkzeuge, die die Mischenergie in das Mischgut zum Homogenisieren der zu mischenden Komponenten bringen. Wegen der konstruktiv bedingten, relativ großvolumigen Ausführung dieser Mischer sind diese nicht zum Mischen kleinster Flüssigkeitsmengen geeignet, die einerseits für den vorgesehenen Verwendungszweck vorliegender Erfindung nicht benötigt werden oder, z. B. aus Kostengründen, nicht bereitgestellt werden können. Ein der Erfindung am nächsten kommender Mikroflußprozessor ist in EP 0495 255 A1 beschrieben. Mit diesem Mikroflußprozessor wird die Vermischung kleiner Probenmengen mit möglichst geringem Totvolumen angestrebt, wobei er mit Flußraten im Bereich von ml/min bis öl/min betreibbar ist. Ein Bestandteil dieses Mikroflußprozessors ist ein Mikromixer, der minimal, bedingt durch seine nicht weiter zu steigernde Miniaturisierung, ein Volumen von 0,1 µl aufweisen kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Mikromischer zu schaffen, der zwei oder mehrere Flüssigkeiten, die in sehr kleinen Volumina, bevorzugt in einem Bereich unterhalb von 100 nl, vorliegen, in sehr kurzer Zeit, mit geringem Totvolumen und hoher Effizienz vermischt, im Bedarfsfall die Vermischung unterbrechbar gestalten läßt und der die Integration mehrerer Mikromischer innerhalb eines Grundkörpers ermöglicht.

Die Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des ersten Patentanspruchs gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind durch die nachgeordneten Ansprüche erfaßt.

Die Erfindung soll nachstehend anhand schematischer Ausführungsbeispiele näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1a eine erste Ausführungsmöglichkeit eines Mikromischers im zusammengebauten Zustand ohne Befüllung der zu mischenden Medien,

Fig. 1b einen Mikromischer nach Fig. 1 mit Befüllung der zu mischenden Medien,

Fig. 2a eine zweite Ausführungsmöglichkeit eines Mikromischers im zusammengebauten Zustand ohne Befüllung der zu mischenden Medien,

Fig. 2b einen Mikromischer nach Fig. 2 mit Befüllung der zu mischenden Medien,

Fig. 3a eine dritte Ausführungsmöglichkeit eines Mikromischers im zusammengebauten Zustand mit Befüllung der zu mischenden Medien und aktivem Mischelement,

Fig. 3b den Mikromischer nach Fig. 3a, der von zwei laminar strömenden Medien bei Ruhestellung des Mischelements durchflossen wird,

Fig. 4 eine Zusammenschaltung von drei Mikromischern nach Fig. 1 und

Fig. 5 eine bevorzugte Ausführungsmöglichkeit eines sich an eine Mischkammer anschließenden Abfuhrkanals.

Fig. 1 zeigt eine erste Ausführungsmöglichkeit eines Mikromischers 1 nach vorliegender Erfindung. Im Beispiel ist der Mikromischer 1 aus einer ersten Grundplatte 20 gebildet, in die eine Mischkammer 23 und an die Mischkammer 23 sich anschließende zwei Zufuhrkanäle 21 und 22 eingebracht sind. An der den Zufuhrkanälen 21, 22 gegenüberliegenden Seite schließen sich an die Mischkammer 23 kammertartig ausgebildete Kapillarwege 24 an, die in einen Graben 25 münden, an den sich ein Abfuhrkanal 26 anschließt. In die Mischkammer 23 sind weiterhin mehrere magnetisierbare, insbesondere aus einem ferromagnetischen Material bestehende Perlen 4 eingebracht. Der Durchmesser dieser Perlen 4 ist so bemessen, daß er etwas unterhalb der lichten und durch eine Deckplatte 30 nach oben begrenzten Kammerhöhe liegt. Unterhalb der Grundplatte 20 ist ein in Rotation versetzbarer Magnet 5 (vgl. Fig. 1b) vorgesehen. Dieser Magnet 5 bewirkt bei entsprechender Festlegung seiner magnetischen Polarisation eine lineare und benachbarte Ausrichtung der Perlen 4, welche der Magnetrotation folgend, eine Rotation innerhalb der Mischkammer 23 erfahren. Je nach vorgegebenen Volumen der Mischkammer 23 können die Durchmesser der Perlen zwischen 1 µm und 100 µm festgelegt sein. Ihre Gesamtanzahl ist dann weiterhin so festgelegt, daß die Länge des linear ausgerichteten Perlengebildes unterhalb der kleinsten lateralen Ausdehnung der Mischkammer 23 liegt.

Die Mischkammer 23, die Zufuhrkanäle 21, 22, der Abfuhrkanal 26, die kammertartig ausgebildeten Kapillarwege 24 und der Graben 25 werden mit Hilfe von Mikrostrukturierungstechnologien in den Grundkörper 20 eingebracht. Dabei können sowohl naßchemische oder physikalische Ätztechniken für die Strukturierung von Silizium oder fotostrukturierbarem Glas, Laserstrukturierungsverfahren oder Abformtechniken für Polymere zur Herstellung der Strukturen eingesetzt werden. Der Grundkörper 20, der die so hergestellten Strukturen trägt, ist dichtend mit einer Deckplatte 30, bestehend aus einem Glas oder einem transparenten Polymer, verschlossen. Damit ist das Mischergebnis in der Mischkammer oder in den nachfolgenden Kanälen jederzeit detektierbar. Das Einbringen der Perlen 4 kann zum einen vor dem Verschließen des Grundkörpers 20 mit der Deckplatte 30 erfolgen oder auch zu einem späteren Zeitpunkt, wenn die Perlen 4 gemeinsam mit einer Flüssigkeit, bei ent-

sprechender Auslegung der Zufuhrkanäle 21, 22, in die Mischkammer 23 gepumpt werden. Ein Rücktransport der Perlen 4 aus der Mischkammer 23 wird durch einen im Mikromischer aufrechterhaltenen Strömungsfluß verhindert. Werden die Perlen 4 auf letzte Art und Weise in die Mischkammer 23 verbracht, werden diese vor dem Transport in die Mischkammer 23 entmagnetisiert, um ein Verstopfen durch ein Zusammenhängen mehrerer Perlen 4 zu vermeiden. Mit dem ersten Einschalten eines externen Magnetfeldes werden die Perlen 4 aufmagnetisiert und weisen erst dann ein ferromagnetisches Verhalten auf. Dies führt dazu, daß, bedingt durch das ferromagnetische Material der Perlen 4, sich immer mehrere Perlen 4 zusammenfinden und sich zum dargestellten kettenförmigen Gebilde zusammenschließen, und sich dann bei Zuführung eines lageveränderlichen Magnetfeldes gemeinsam drehen. Dies bedingt eine Rührwirkung mit einem hohen Durchmischungsgrad, wie in Fig. 1b angedeutet. Dort werden zwei fluide Medien A und B durch die Zufuhrkanäle 21, 22 in die Mischkammer 23 geleitet, in welcher in der Darstellung durch die Rotation des linear ausgerichteten Perlengbildes bereits eine optimale Durchmischung stattgefunden hat. Das gemischte Medium C ist dann über die kammartig ausgebildeten Kapillarwege 24, den Graben 25 und den Abfuhrkanal 26 ableitbar. Die Ausführung der Kapillarwege 24, die sich an die Mischkammer 23 mit je einem Öffnungsquerschnitt anschließen, der kleiner bemessen ist als die Durchmesser der zum Einsatz gelangenden Perlen 4, stellt dabei ein wirksames Rückhaltemittel für die Perlen 4 dar. Es liegt im Rahmen der Erfindung, weitere Abfuhrkanäle 26 an den Graben 25 zur Ableitung des identischen Mischungsergebnisses C vorzusehen. Bei der Ausführungsform des Mikromischers 1 nach den Fig. 1a, 1b werden die zu mischenden Fluide A, B permanent miteinander gemischt. Der Abfuhrkanal kann zusätzlich noch als Detektionskanal genutzt werden, wozu eine besonders bevorzugte Ausführungsform unter Fig. 5 beschrieben wird. Für übliche Verwendungen des Mikromischers 1, wie in der Molekularbiologie, ist der Mischkammer 23 ein Volumen von 1 nl bis 10 µl gegeben.

Die Fig. 2a und 2b beschreiben grundsätzlich eine zu den Fig. 1a und 1b identische Bauform; gleiche Funktionselemente sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Der einzige Unterschied besteht darin, daß hier das Rückhaltemittel für die Perlen 4 durch einen Überlaufkanal 24' gebildet ist. In seiner Breitenausdehnung b erstreckt sich dieser Überlaufkanal 24' im wesentlichen über die Breite der Mischkammer 23, an die er sich anschließt. Die spaltförmig ausgebildete vertikale Ausdehnung des Überlaufkanals 24', die nach oben durch die sich anschließende Deckplatte 30 begrenzt ist, ist dabei im Vergleich zu den zum Einsatz gelangenden Perlendurchmessern so bemessen, daß die Perlen 4 nicht in den Überlaufkanal 24' gelangen können.

Die nach den Fig. 1a, 1b, 2a, 2b ausgebildeten Mikromischer 1 sind für einen rein dynamischen Betrieb, also zum ständigen Vermischen von Fluiden ausgelegt. Diese Ausbildungen der Mikromischer 1 besitzen mehrere, mindestens jedoch zwei, Eingänge 21 und 22, die bei dieser Betriebsweise nicht notwendig in einer Ebene mit den übrigen Komponenten, wie 23 und den nachfolgenden, zu liegen brauchen, über die die Lösungen A und B der Mischkammer 23 zuführbar sind, vermittelt der Perlen 4 dort in der beschriebenen Weise vermischt werden, so daß am Abfuhrkanal 26 eine Mischung C entnehmbar ist.

Eine gewisse Abwandlung für weitere Verwendungszwecke erfährt der Mikromischer 1, wie es in den Fig. 3a und 3b angedeutet ist. Diese Ausführungen stellen einen schaltbaren Mikromischer dar. Enthielt der Mikromischer 1 nach den Fig. 1a, 1b, 2a, 2b jeweils nur einen Abfuhrkanal

26, sind in einer Ausführung nach Fig. 3a drei Abfuhrkanäle 26, 27, 28 vorgesehen, die in ihrer Höhenbemessung der Höhenbemessung des Überlaufkanals 24' nach Fig. 2a analog ausgeführt sind, wodurch die Kanalkantenausbildungen 261, 271, 281 zugleich die Funktion des Überlaufkanals 24' übernehmen.

Fig. 3a stellt den Fall dar, daß der Mikromischer im dynamischen Betrieb, analog zu den bisherigen Figuren arbeitet und somit die über die Zufuhrkanäle 21, 22 zugeführten liquiden Medien A und B vermischt werden. Bei dieser Betriebsweise ist an allen Abfuhrkanälen 26, 27, 28 ein identisches Lösungsgemisch C entnehmbar.

Unter der Voraussetzung, daß in der Mischkammer 23 laminare Strömungsverhältnisse vorliegen, was durch die Einhaltung von Reynoldszahlen  $< 1$  realisierbar ist, erfolgt die Zuordnung der Abfuhrkanäle 26, 27, 28 mit Maßgabe, daß den im Beispiel vorgesehenen zwei Zufuhrkanälen 21, 22 die drei Abfuhrkanäle 26, 27, 28 am anderen Mischkammerende in der Weise zugeordnet sind, daß dem erstem Zufuhrkanal 21, und damit dem durch diesen zuführbaren ersten Mediums A, ein erster Abfuhrkanal 27, dem zweiten Zufuhrkanal 22, und damit dem durch diesen zuführbaren zweiten Mediums B, ein zweiter Abfuhrkanal 28 und einer durch die Medien A und B gebildeten gemeinsamen Durchströmungszone ein dritter Abfuhrkanal 26, dessen Inhalt im weiteren verworfen werden, zugeordnet ist. Arbeitet der Mikromischer im Beispiel nach Fig. 3b im statischen Betrieb, d. h. die Perlen 4 werden nicht dem rotierenden Magnetfeld ausgesetzt, und ist eine laminare Durchströmung der Mischkammer 23 gewährleistet, bildet sich zwischen den beiden Medienströmen A und B eine relativ scharfe Grenzfläche aus. Diese Grenzflächenzone S und ihr eng benachbarte Bereiche werden vom Abfuhrkanal 26 aufgenommen, wodurch eine Kontamination der einzelnen Komponenten A und B vermieden wird, und der reine Medienstrom der Komponente A gelangt in den Abfuhrkanal 27 und der der Komponente B in den Abfuhrkanal 28. Der vermischte Medienstrom W wird i.d.R. im weiteren Prozeß verworfen. Ein nach den Fig. 3a und 3b gefertigter Mikromischer ist im Rahmen der Erfindung auf mehrere Zufuhr- und Abfuhrkanäle erweiterbar, wobei jeweils obige Maßgaben einzuhalten sind und zwischen zwei jeweils reine Komponenten abführenden Kanälen ein weiterer Kanal für eine teilvermischte Komponente W des jeweiligen Grenzzonenbereiches vorzusehen ist. Zwischen den Betriebszuständen nach Fig. 3a und Fig. 3b kann wechselseitig geschaltet werden, was bspw. für eine kombinatorische Verarbeitung sehr vieler Komponenten von Vorteil ist und z. B. Synthesen im Fluß ermöglicht.

Die in den Fig. 1a bis 3b beschriebenen Mikromischer können in beliebiger Anzahl hintereinander geschaltet sein, wodurch ganze Netzwerke von Vermischungsbildnern möglich sind. In Fig. 4 ist eine solche Ausbildung anhand von drei nach Fig. 1 ausgebildeten Mikromischern 1a, 1b, 1c dargestellt. Jeder dieser Mikromischer enthält eine Mischkammer 23a, 23b, 23c. Auch ist es in diesem Beispiel möglich, je nach gewünschten Prozeßablauf, einzelne oder mehrere Zufuhrkanäle im Bedarfsfall zu sperren, so daß von einem Mikromischer nur eine oder gar keine Komponenten in die weiteren Mikromischer gelangt. Bei Einsatz o.g. Strukturierungsverfahren für die Herstellung der Mikromischer lassen sich so mehrere Mikromischer in einstückigen einem Grundkörper 20 unterbringen und von einer gemeinsamen Deckplatte 30 abdecken. In einer praktischen Realisierungsvariante sind bspw. in ein 4"-Siliziumwafer im Bedarfsfall bis zu 90 000 einzelne Mischkammern 23 und die zugehörigen Zufuhr- und Abfuhrkanäle einbringbar, wenn die Mischkammern 23 dabei einen Hohlraum von



100 · 100 · 50 µm<sup>3</sup> umfassen.

In Fig. 5 ist schließlich, insbesondere für die letzt genannte, jedoch nicht darauf beschränkte integrierte Ausführungsvariante eine besondere Ausbildung eines Abfuhrkanals 26 dargestellt. Dieser Abfuhrkanal schließt sich, analog wie zu den Fig. 1a bis 3b angegeben, einerseits an die Mischkammer oder dieser nachgeordneten Baugruppen an und ist über eine dem Mischkammervolumen angepaßte Länge mehrfach mäandriert ausgeführt. Das Volumen des Kanals 26 sollte in diesem Fall so dimensioniert sein, daß er mindestens das dreifache Volumen des Mischkammervolumens aufnimmt. Diese mäandrierte Ausbildung des Abfuhrkanals begünstigt die Verwendung handelsüblicher Detektionseinheiten, bspw. von optischen Spektroskopen, mit deren Hilfe bei Abbildung durch eine durchsichtige Deckplatte 30 zugleich ein relativ großes Probenvolumen und damit erhöhte Signale zur Verfügung stehen, da gleichzeitig mehrere Mäanderkanalabschnitte erfaßt werden können.

Alle beschriebenen Ausführungsformen weisen ein außerordentlich geringes Totvolumen auf, da praktisch das gesamte Mischkammervolumen weiteren Verwendungen zuführbar ist.

Für alle beschriebenen Ausführungsbeispiele liegt es ausdrücklich im Rahmen der Erfindung, daß die in den Grundkörper 20 eingebrachten Strukturen spiegelbildlich identisch auch in die Deckplatte 30 eingebracht sind. Eine solche Ausbildung eröffnet z. B. anhand der Fig. 1a und 1b bei entsprechender Materialauswahl für den Grundkörper und die Deckplatte, bspw. Pyrexglas, eine kreisrunde Querschnittsgestaltung der Kapillaren 24, welche dann symmetrisch zur Mischkammer 23 liegend, bei Vorsehung weiterer, nicht dargestellter Magnetsysteme die Positionierung einzelner Perlen 4 in einzelnen oder allen Kapillarenmündungsbereichen einen schaltbaren Verschuß des Abflußweges ermöglichen.

Alle in der Beschreibung, den nachfolgenden Ansprüchen und der Zeichnung dargestellten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander erfindungswesentlich sein.

#### Bezugszeichenliste

1, 1a, 1b, 1c Mikromischer  
20 Grundkörper  
21, 22 Zufuhrkanäle  
23 Mischkammer  
24 kammartige Kapillarenwege  
24' Überlaufkanal  
25 Aufnahmegraben  
26, 27, 28 Abfuhrkanäle  
261a, 261b, 261c Abfuhr-/Zufuhrkanäle  
30 Deckplatte  
4 magnetisierbare Perlen  
5 zuschaltbares, rotierbares Magnetsystem  
A, B, C, W fluide Medien

#### Patentansprüche

1. Schaltbarer dynamischer Mikromischer mit minimalem Totvolumen, beinhaltend eine Mischkammer (23), die einseitig mit mindestens zwei Zufuhrkanälen (21, 22) in Verbindung gebracht ist und andererseits, den Zufuhrkanälen (21, 22) gegenüberliegend, wenigstens einen Abfuhrkanal (26) aufweist, innerhalb der Mischkammer (23) mehrere magnetisierbare Perlen (4) vorgesehen sind, deren Durchmesser etwas kleiner als die lichte Kammerhöhe der Mischkammer (23) so bemessen ist, daß sich diese innerhalb der Mischkammerwandungen, die einseitig von einer Abdeckung (30) überdeckt sind, frei bewegen können, und deren Ge-

samtlänge in linearer, einander benachbarter Aufreihung etwas unterhalb der kleinsten lateralen Mischkammerausdehnung festgelegt ist, zwischen dem Mischkammerausgang und dem Eingang des wenigstens einen Abfuhrkanals (26) Rückhaltemittel (24; 24'; 251-271) vorgesehen sind, die ein Vordringen der Perlen (4) in den Abfuhrkanal (26) respektive die Abfuhrkanäle (251-271) verhindern und der Mischkammer (23) ein in Rotation versetzbares Magnetsystem (5) zuschaltbar zugeordnet ist, das so ausgebildet ist, daß es eine lineare benachbarte Aufreihung der magnetisierbaren Perlen (4) und eine gemeinsame Rotation des linearen Perlengebildes ermöglicht.

2. Schaltbarer dynamischer Mikromischer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er aus einem ersten Grundkörper (20) besteht, in den die Strukturen für die Mischkammer (23), die mindestens zwei Zufuhrkanäle (21, 22), den mindestens einen Abfuhrkanal (26) und die Rückhaltemittel (24; 24'; 251-271) eingebracht sind, welche von einer zweiten Deckplatte (30) einseitig dichtend abgedeckt ist.

3. Schaltbarer dynamischer Mikromischer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß in die Deckplatte (30) spiegelbildlich identisch die gleichen Strukturen (23; 21, 22; 23; 24; 24'; 251-271; 26) des Grundkörpers (20) eingebracht sind.

4. Schaltbarer dynamischer Mikromischer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückhaltemittel durch eine Vielzahl kammartig ausgebildeter Kapillarwege (24) gebildet sind, die sich einerseits an die Mischkammer (23) mit je einem Öffnungsquerschnitt anschließen, der kleiner als der Durchmesser einer Perle (4) ist und andererseits in einen Aufnahmegraben (25) münden, an den sich der wenigstens eine Abfuhrkanal (26) anschließt.

5. Schaltbarer dynamischer Mikromischer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückhaltemittel durch einen sich stufenartig an die Mischkammer (23) anschließenden Überlaufkanal (24') gebildet sind, der andererseits in einen Aufnahmegraben (25) mündet, an den sich der wenigstens eine Abfuhrkanal (26) anschließt.

6. Schaltbarer dynamischer Mikromischer nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite (b) des Überlaufkanals (24') im wesentlichen der sich angrenzenden Mischkammerausdehnung entspricht.

7. Schaltbarer dynamischer Mikromischer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß je zwei Zufuhrkanälen (21, 22) drei zugehörige Abfuhrkanäle (26, 27, 28) in der Weise zugeordnet sind, daß, bei im wesentlichen laminarer Durchströmung der Mischkammer (23), dem ersten Zufuhrkanal (21), und damit dem durch diesen zuführbaren ersten Mediums (A), ein erster Abfuhrkanal (27), dem zweiten Zufuhrkanal (22), und damit dem durch diesen zuführbaren zweiten Mediums (B), ein zweiter Abfuhrkanal (28) und einer durch die Medien (A, B) bildbaren gemeinsamen Durchströmungszone (S) ein dritter Abfuhrkanal (26) zugeordnet ist.

8. Schaltbarer dynamischer Mikromischer nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Abfuhrkanäle (26, 27, 28) stufenartig ausgebildet an die Mischkammer (23) derart anschließen, daß ihre kleinsten lateralen Ausdehnungen unterhalb des Durchmessers der Perlen (4) festgelegt sind.

9. Schaltbarer dynamischer Mikromischer nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Mikromischer (1a, 1b, 1c) in der Weise

einander zugeordnet sind, daß jeweils wenigstens zwei Abfuhrkanäle (261a, 261b), von denen jeder Abfuhrkanal (261a, 261b) einer gesonderten Mischkammer (1a, 1b) zugehört, die Zufuhrkanäle einer weiteren Mischkammer (1c) bilden.

5

10. Schaltbarer dynamischer Mikromischer nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß bei Einsatz mehrerer miteinander verschalteter Mikromischer ein oder mehrere Zufuhr- oder Abfuhrkanäle wahlweise sperrbar sind.

10

11. Schaltbarer dynamischer Mikromischer nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest in den Grundkörper (20) eingebrachten Ausnehmungen für die einzelnen Funktionsbaugruppen (21, 22; 23; 24; 24', 26-27) durch naßchemische Ätztechniken oder physikalische Abtragverfahren oder durch Abformtechniken eingebracht sind.

15

12. Schaltbarer dynamischer Mikromischer nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Grundkörper (20) mit den in ihn eingebrachten Strukturen für die einzelnen Funktionsbaugruppen (21, 22; 23; 24; 24', 26-27) einstückig ausgebildet ist.

20

13. Schaltbarer dynamischer Mikromischer nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß in den einstückig ausgebildeten Grundkörper (20) mehrere Mikromischer (1a, 1b, 1c) eingebracht sind.

25

14. Schaltbarer dynamischer Mikromischer nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest einem Abfuhrkanal (26, 27, 28, 261a, 261b) über einen Bereich seiner lateralen Ausdehnung mehrfach mäandriert ausgebildet ist.

30

15. Schaltbarer dynamischer Mikromischer nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen parallel verlaufenden Mäanderabschnitte möglichst dicht zueinander in den Grundkörper (20) und/oder die Deckplatte (30) eingebracht sind.

35

16. Schaltbarer dynamischer Mikromischer nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die mehrfach mäandrierten Abfuhrkanalabschnitte ein Volumen aufzunehmen vermögen, das mindestens dem dreifachen Volumen des von der Mischkammer (23) umfaßten Volumens entspricht.

40

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

45

50

55

60

65

- Leerseite -

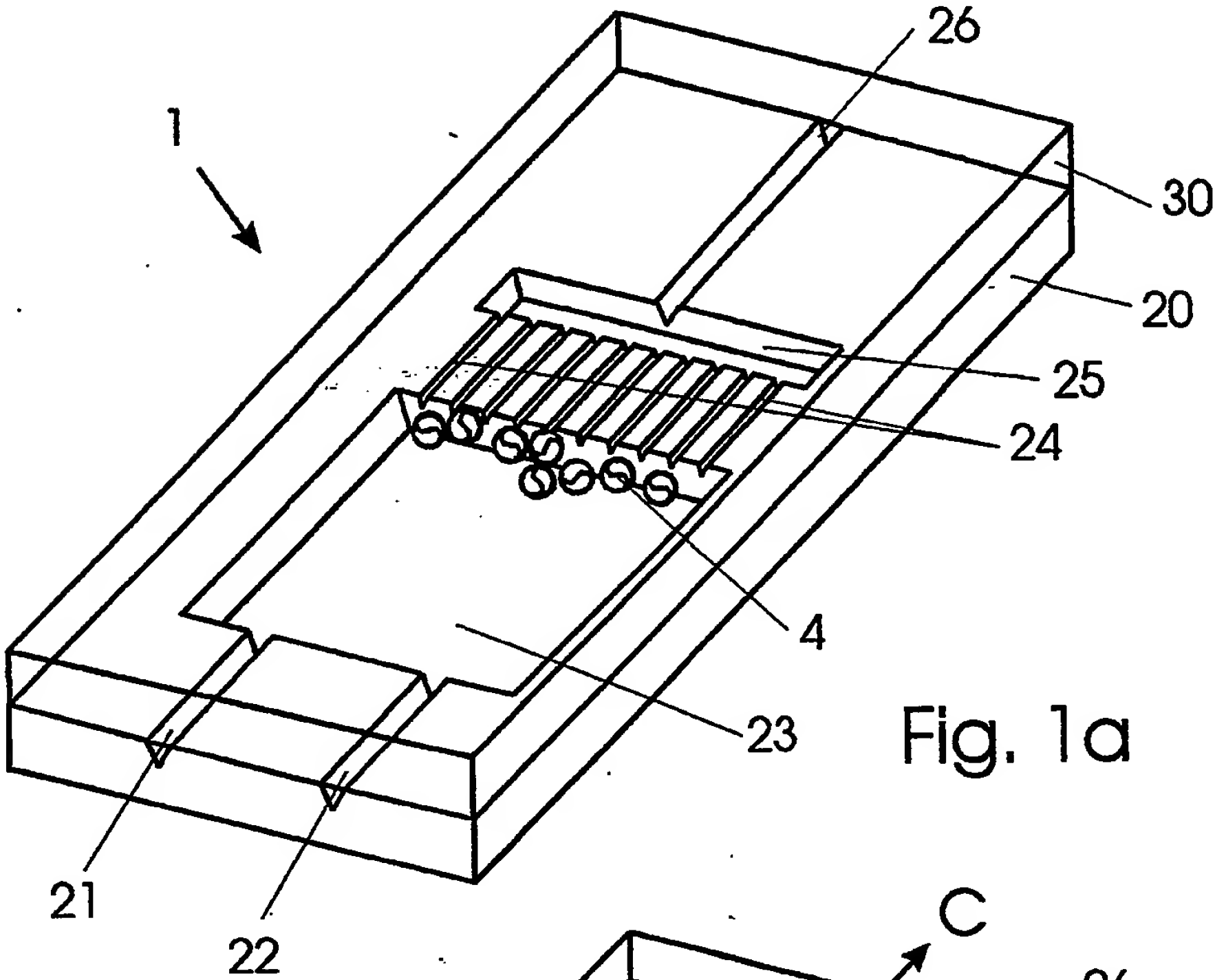


Fig. 1a

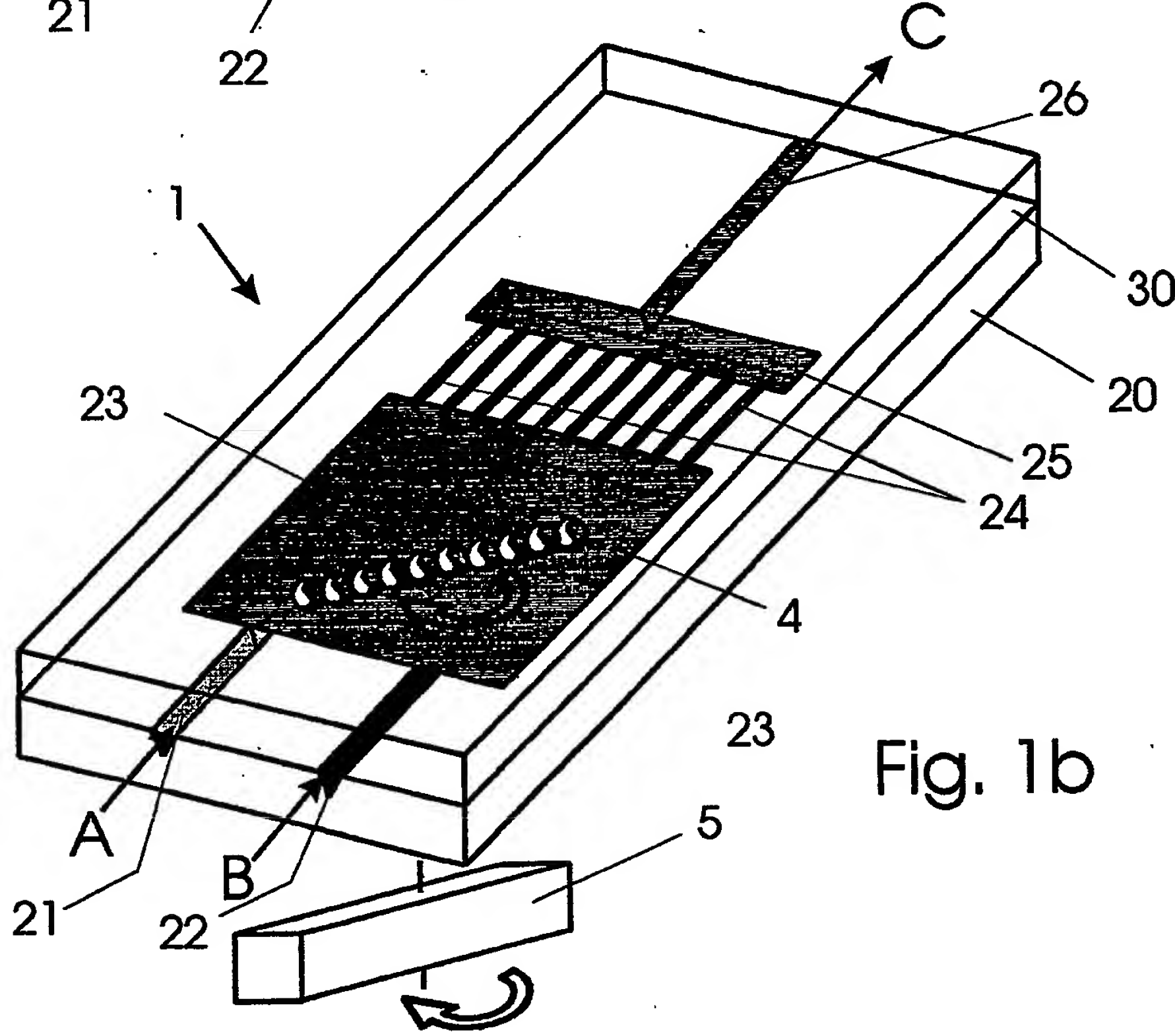


Fig. 1b

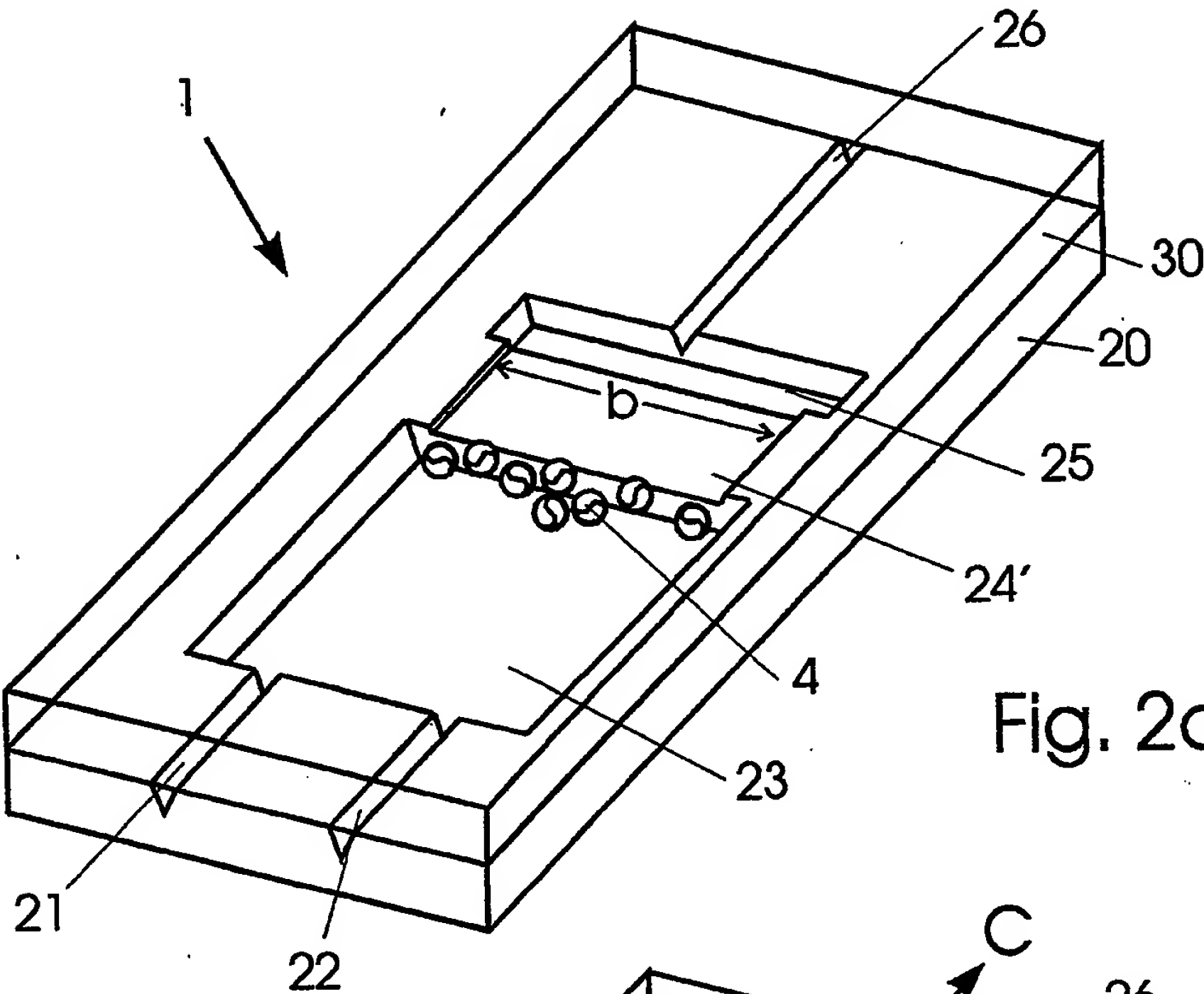


Fig. 2a

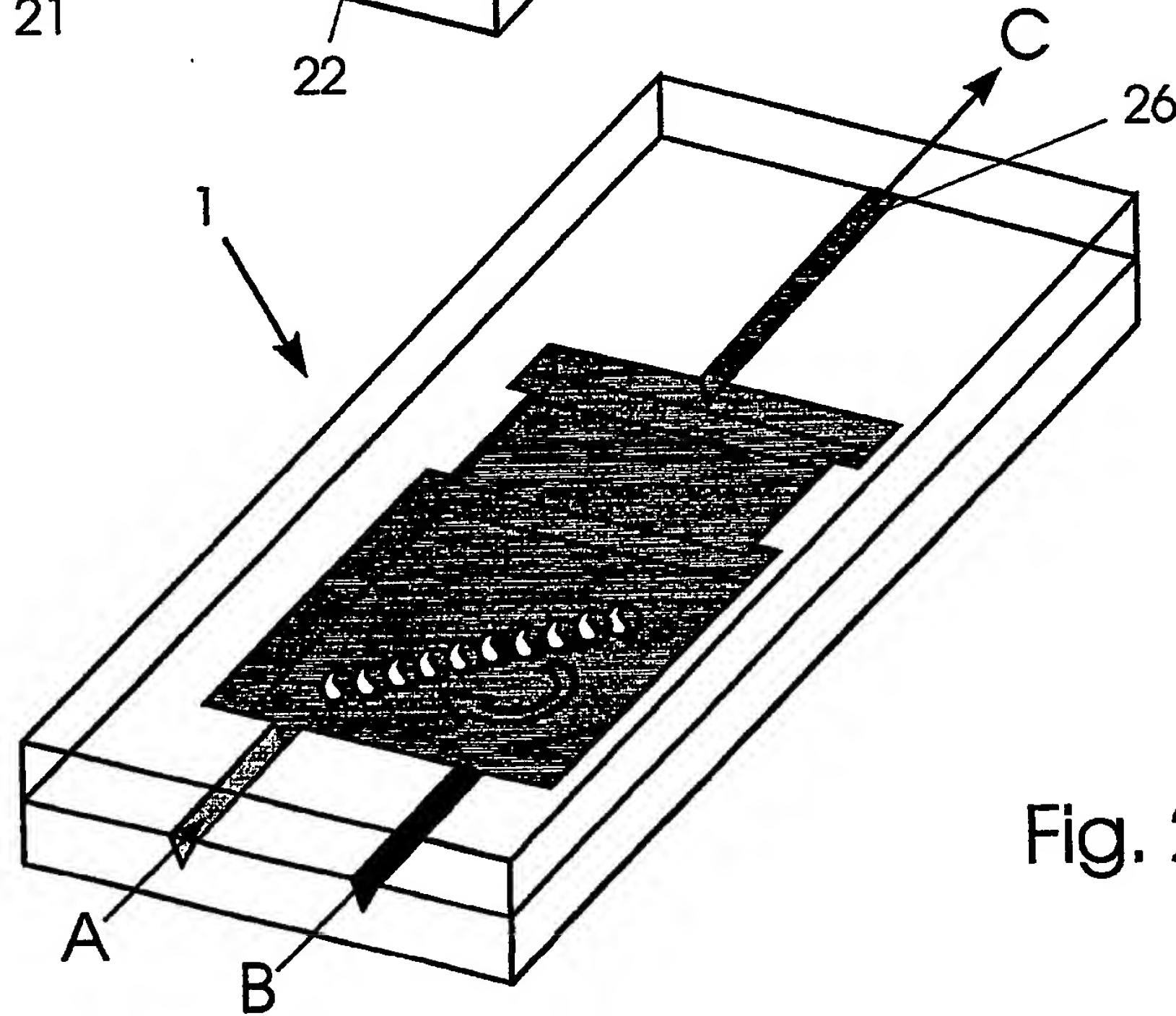


Fig. 2b



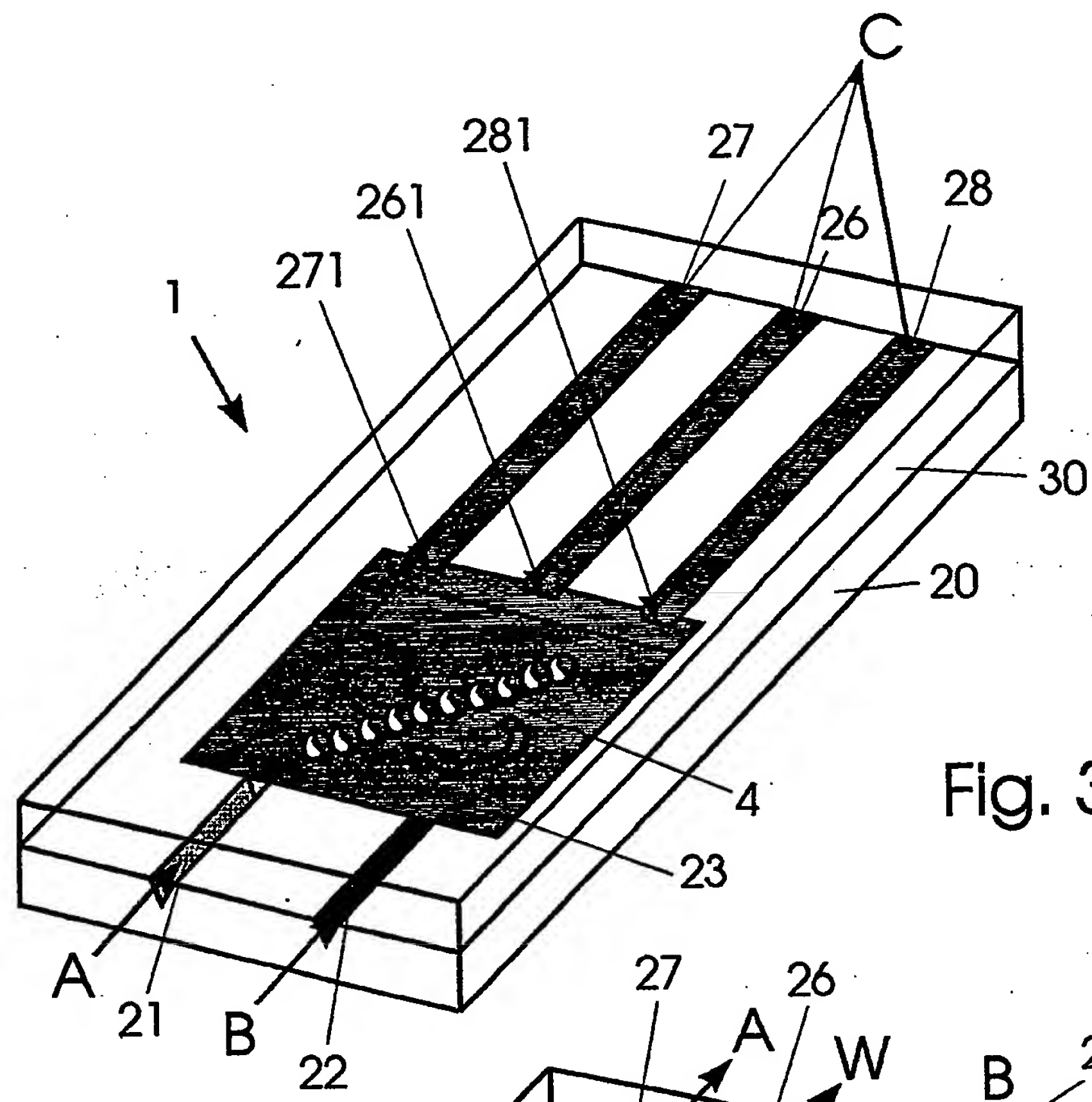


Fig. 3a

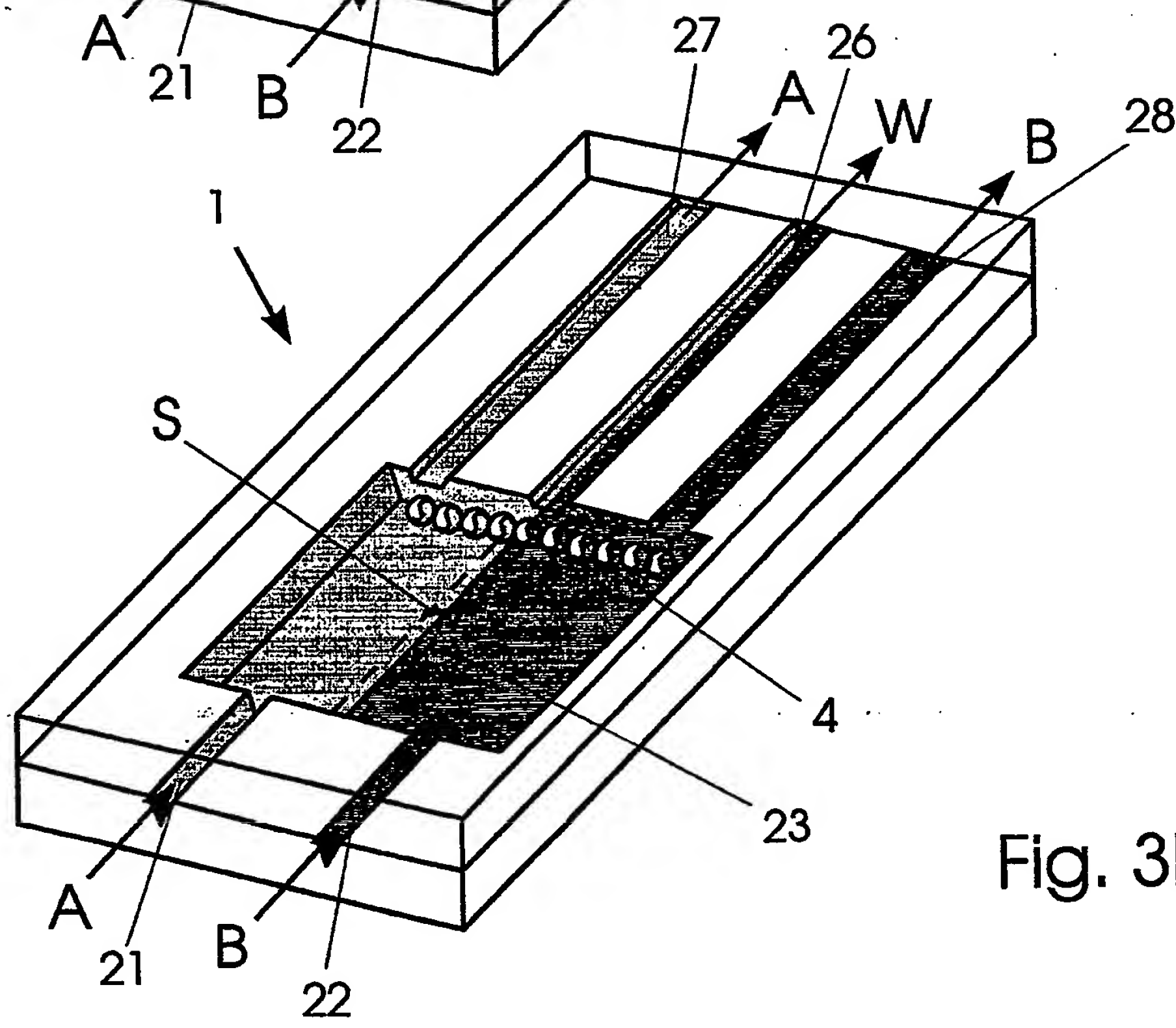


Fig. 3b

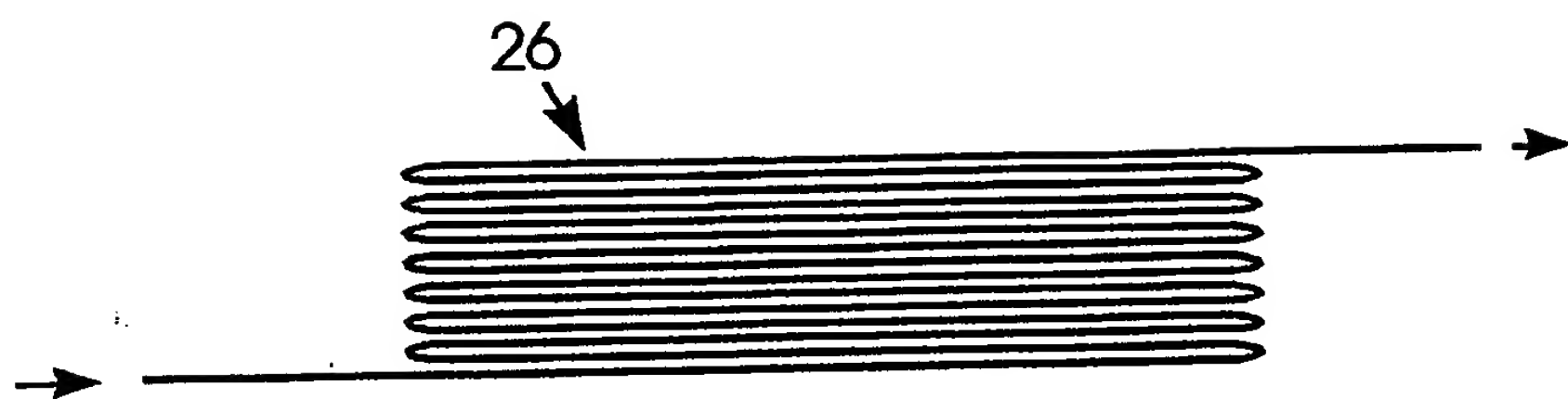
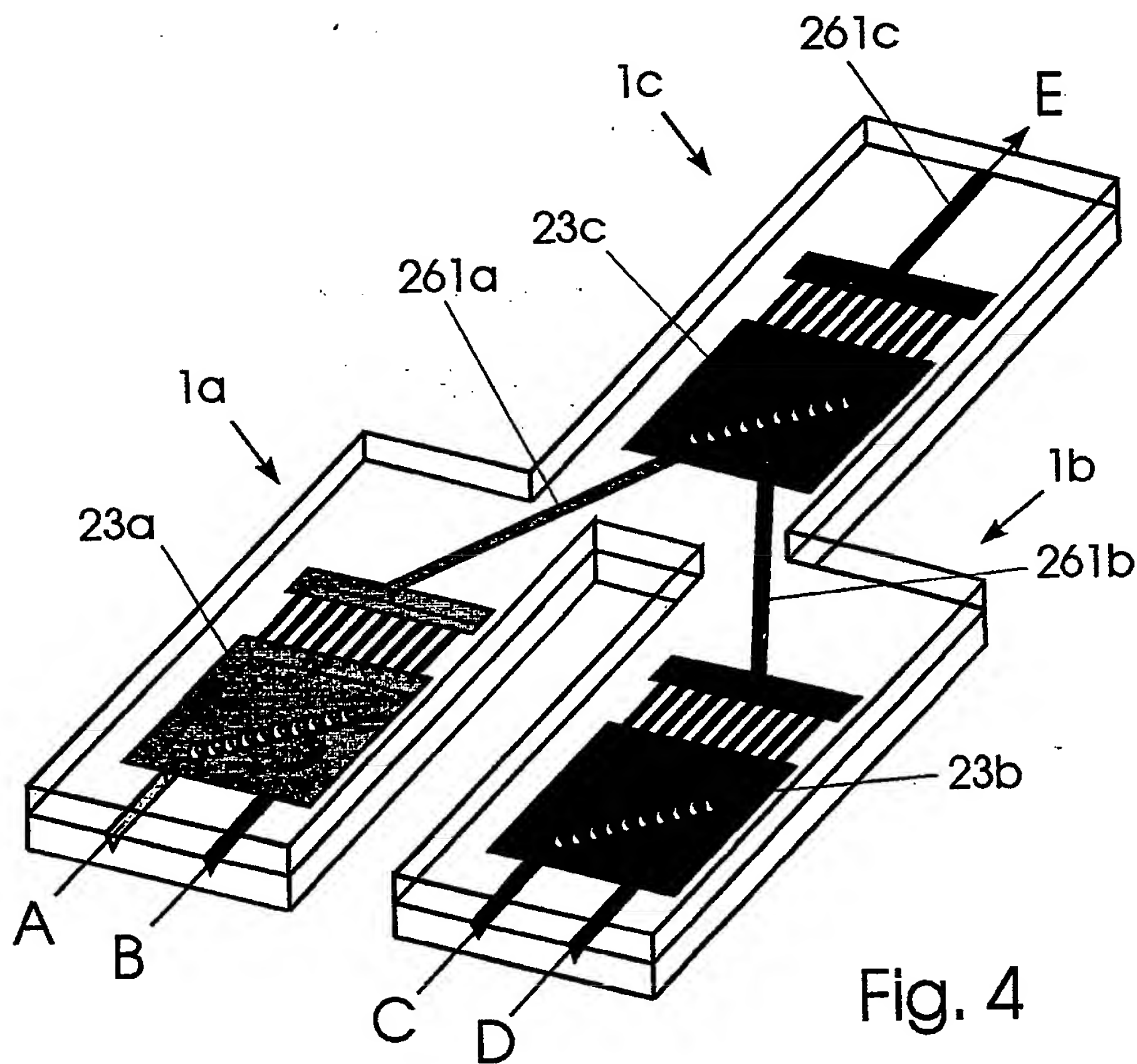


Fig. 5